

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-229941

(43)Date of publication of application : 24.08.2001

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/06

(21)Application number : 2000-038403

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 16.02.2000

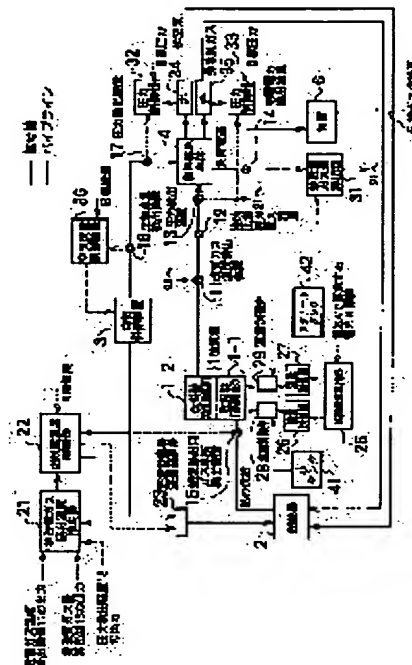
(72)Inventor : OKAMOTO MASARU  
OSHIAGE KATSUNORI

## (54) FUEL CELL SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To allow controlling by suppressing influence of a disturbance following the change of the component concentration of an exhaust reforming gas, by adopting an exhaust reforming gas component concentration estimator and reducing the deterioration of control response performance by controlling by suppressing influence of a disturbance caused by the offset of the exhaust reforming gas component concentration estimator.

**SOLUTION:** When the integral calculus computation amount of a combustor temperature controller 22 exceeds a preset upper/lower limit value, the offset of the exhaust reforming gas component concentration estimator 21 is judged. Then, a parameter correction amount calculation part C6 of the exhaust reforming gas component concentration estimator calculates a parameter correction amount and corrects the parameter of the exhaust reforming gas component concentration estimator 21. The deterioration in the control response performance due to offset of the exhaust reforming gas component concentration estimator is thus reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.05.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPT**

(43)公開日 平成13年8月24日(2001.8.24)

テーマト(参考)  
5H027

審査請求 未請求 請求項の数 5 O.L (全 10 頁)

(71)出願人 000003997  
日産自動車株式会社  
神奈川県横浜市中区宝町2番地

(72)発明者 岡本 勝  
神奈川県横浜市中区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(72)発明者 押上 勝憲  
神奈川県横浜市中区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

(74)代理人 100083806  
弁理士 三好 秀和 (外8名)

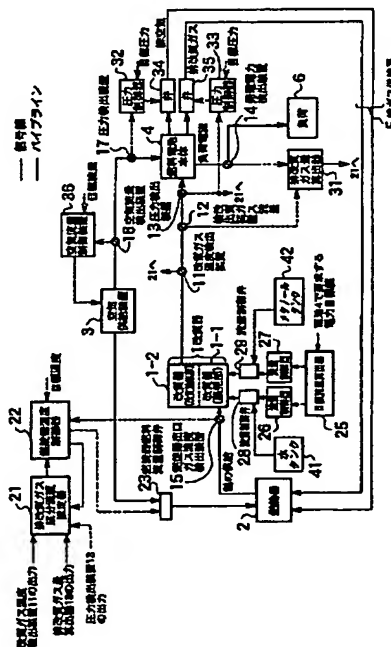
Fターム(参考) 5H027 AA02 BA09 BA10 KK05 KK25  
KK31 KK41 KK52 MM08 MM13

(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 排改質ガス成分濃度推定器を採用することによって排改質ガスの成分濃度変化に伴う外乱の影響を抑制した制御ができ、しかも排改質ガス成分濃度推定器のズレによって引き起こされる外乱の影響も抑制した制御をすることにより、従来問題となっていた制御応答性能の悪化を低減する。

【解決手段】 燃焼器温度制御器22の積分演算量が所定の上下限値を越えた場合には排改質ガス成分濃度推定器21にズレが生じていると判断して、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6でパラメータ修正量を算出して排改質ガス成分濃度推定器21のパラメータを修正する。これにより、排改質ガス成分濃度推定器のズレによる制御応答性能の悪化を低減する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料を改質する改質器と、前記改質器へ熱を供給するための燃焼器と、空気供給装置と、前記改質器で改質された改質ガスと前記空気供給装置から供給される空気中の酸素とを反応させて発電する燃料電池本体と、前記燃料電池本体で使用されて残った空気及び改質ガスである排空気と排改質ガスとを前記燃焼器へ戻して燃焼させる排ガス供給系とを備えた燃料電池システムにおいて、

所定のパラメータを用いた演算により前記燃料電池本体の排改質ガス成分濃度を推定する排改質ガス成分濃度推定器と、

前記燃焼器の出口ガス温度を検出する燃焼器出口ガス温度検出装置と、

前記排改質ガス成分濃度推定器の出力と前記燃焼器出口ガス温度検出装置の出力とに基づいて、前記燃焼器の出口ガス温度を目標値に一致するように制御する燃焼器温度制御器と、

前記燃焼器温度制御器で算出する制御操作量に基づいて、前記排改質ガス成分濃度推定器のパラメータの修正の要否を判定をする排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部と、

前記排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部が前記パラメータの修正が必要と判断した場合に前記パラメータの修正量を算出する排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部とを備えて成る燃料電池システム。

【請求項 2】 前記排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部は、前記目標温度と前記燃焼器出口ガス温度検出装置の出力との温度偏差を積分し、当該積分演算量が所定の上下限値を越えた場合に前記排改質ガス成分濃度推定器のパラメータの修正が必要と判断することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記燃料電池本体に供給される改質ガスの温度を検出する改質ガス温度検出装置と、前記燃料電池本体に供給される改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出装置と、前記燃料電池本体が出力する発電電力を検出する発電電力検出装置と、前記燃料電池本体に供給される改質ガスの圧力を検出する圧力検出装置とを備え、

前記排改質ガス成分濃度推定器は、前記改質ガス流量検出装置の出力と前記改質ガス温度検出装置の出力と前記圧力検出装置の出力と前記発電電力検出装置の出力とに基づいて、前記排改質ガスの水素成分濃度を推定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記燃料電池本体に供給される改質ガスの温度を検出する改質ガス温度検出装置と、前記燃料電池本体に供給される改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出装置と、前記燃料電池本体が出力する発電電力

を検出する発電電力検出装置と、前記燃料電池本体に供給される改質ガスの圧力を検出する圧力検出装置とを備え、

前記排改質ガス成分濃度推定器は、前記改質ガス流量検出装置の出力と前記改質ガス温度検出装置の出力と前記圧力検出装置の出力と前記発電電力検出装置の出力とに基づいて、前記排改質ガスの CO 成分濃度を推定することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の燃料電池システム。

10 【請求項 5】 前記燃焼器温度制御器は、前記排改質ガス成分濃度推定器の出力と前記燃焼器の出口ガス温度とを関係づける関数によって制御ゲインを算出することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は燃料電池システムに関する。

【0002】

【従来の技術】一般に燃料電池システムは、メタノールなどの原料を改質して水素リッチな改質ガスを生成する改質器と、改質器で生成された改質ガスと別途空気供給装置から供給される空気中の酸素ガスとを反応させて発電する燃料電池本体と、メタノールなどの原料を加熱して改質反応をさせるために必要な熱を改質器へ供給する燃焼器を主な要素として構成される。

【0003】燃料電池本体では全てのガスが反応するわけではなく、もともと余分にガスを供給している。このため余ったガスは排ガスとして燃料電池本体から排出され、燃焼器に導かれて燃焼させられる。この燃焼器における燃焼により発熱した熱は改質器に供給されるが、その燃焼器の出口ガス温度を目標管理温度に制御するために、従来は燃焼器へ供給する空気の流量を制御していた（たとえば、特開平 8-273685 号公報、特開平 10-106607 号公報）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】燃料電池システムの燃焼器に供給される燃料の一つには、燃料電池システム自体で生成した水素リッチな改質ガスを含む排ガス、すなわち排改質ガスがある。この排改質ガスは燃料電池システムの運転状態に依存してその成分（水素と CO）の濃度に変化する。この変化は燃焼器での発熱量を変化させるので、結果的に燃焼器出口温度を乱し、燃料電池システム全体のバランスを崩してしまう。

【0005】また排改質ガス濃度の変化は、燃焼器出口ガス温度を目標値に一致するように制御する系にとっては外乱となる。この外乱は燃焼器温度制御系を不安定にする原因になるため、制御ゲインをある程度以上大きくできなくする。しかし制御ゲインが大きすぎなければ、すなわち応答性能が悪化することになる。

50 【0006】ところが、従来の燃料電池システムにおけ

る制御では、このような改質ガスの成分濃度変化にともなう外乱の影響が考慮されていなかった。そのため制御ゲインが大きくとれず、応答性能を犠牲しなければならない問題点があった。

【0007】ところで、排改質ガスの成分濃度はリアルタイム計測が困難である。そのため、これをカバーするためには濃度推定器を持ち、その出力を反映して制御操作量を算出する方法が考えられる。しかしながら、現実に採用できる濃度推定器では、現実の成分濃度に対してズレを生じるを避けられない。このズレは非測定な外乱となる。

【0008】通常、非測定外乱の影響による制御偏差を取り除くためには、積分制御装置を取り付ける方法が考えられる。しかし、この方法においても、制御応答性能が悪化してしまう。なぜならば、濃度推定器のズレによる外乱の影響を打ち消そうとするために積分制御器の積分項が大きくなり、これによって制御偏差は小さくなるが、目標温度が変化した場合に目標温度に直ちに追従する応答性能が悪化させる原因になるからである。

【0009】本発明は、このような技術的課題に鑑みてなされたもので、排改質ガス成分濃度推定器を採用することによって排改質ガスの成分濃度変化に伴う外乱の影響を抑制した制御ができ、しかも排改質ガス成分濃度推定器のズレによって引き起こされる外乱の影響も抑制した制御をすることにより、従来問題となっていた制御応答性能の悪化を低減することができる燃料電池システムを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の燃料電池システムは、積分器の積分量に応じて排改質ガス成分濃度推定器のパラメータを更新するようにしたことを特徴とする。

【0011】さらに具体的には、請求項1の発明は、燃料を改質する改質器と、前記改質器へ熱を供給するための燃焼器と、空気供給装置と、前記改質器で改質された改質ガスと前記空気供給装置から供給される空気中の酸素とを反応させて発電する燃料電池本体と、前記燃料電池本体で使用されて残った空気及び改質ガスである排空気と排改質ガスを前記燃焼器へ戻して燃焼させる排ガス供給系とを備えた燃料電池システムにおいて、所定の

改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部が前記パラメータの修正が必要と判断した場合に前記パラメータの修正量を算出する排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部とを備えたものである。

【0012】この請求項1の発明の燃料電池システムでは、排改質ガス成分濃度推定器によって所定のパラメータを用いた演算により燃料電池本体の排改質ガス成分濃度を推定する。そして、燃焼器温度制御器がこの排改質ガス成分濃度推定器の出力と燃焼器出口ガス温度検出値とに基づいて、燃焼器の出口ガス温度を目標値に一致するように制御する。この制御において、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部が燃焼器温度制御器で算出する制御操作量に基づいて、排改質ガス成分濃度推定器のパラメータの修正の要否を判定し、当該パラメータの修正が必要と判断した場合には、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部が当該パラメータの修正量を算出し、前記排改質ガス成分濃度推定器に与える。これにより、排改質ガス成分濃度推定器は修正されたパラメータを用いて燃料電池本体の排改質ガス成分濃度を推定する。

【0013】請求項2の発明は、請求項1の燃料電池システムにおいて、前記排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部が前記目標温度と前記燃焼器出口ガス温度検出装置の出力との温度偏差を積分し、当該積分演算量が所定の上下限値を越えた場合に前記排改質ガス成分濃度推定器にズレが生じていると判断するものである。

【0014】この請求項2の発明の燃料電池システムでは、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部が目標温度と燃焼器出口ガス温度検出値との温度偏差を積分し、当該積分演算量が所定の上下限値を越えた場合に排改質ガス成分濃度推定器にズレが生じていると判断し、これによって排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正器が排改質ガス成分濃度推定器が用いるパラメータを修正する。

【0015】請求項3の発明は、請求項1又は2の燃料電池システムにおいて、前記排改質ガス成分濃度推定器が前記改質ガス流量検出装置の出力と、前記改質ガス温度検出装置の出力と、前記圧力検出装置の出力と、前記発電電力検出装置の出力とに基づいて、前記排改質ガスの水素成分濃度を推定するものである。

【0016】請求項4の発明は、請求項1又は2の燃料電池システムにおいて、前記排改質ガス成分濃度推定器が前記改質ガス流量検出装置の出力と、前記改質ガス温度検出装置の出力と、前記圧力検出装置の出力と、前記発電電力検出装置の出力とに基づいて、前記排改質ガスのCO成分濃度を推定するものである。

【0017】請求項5の発明は、請求項1の燃料電池システムにおいて、前記燃焼器温度制御器が前記排改質ガス成分濃度推定器の出力と前記燃焼器の出口ガス温度とを関係づける関数によって制御ゲインを算出するもので

ある。

【0018】

【発明の効果】本発明の燃料電池システムでは、積分項が予め設定しておいた所定の上下限値を越えた場合には、排改質ガス成分濃度推定器にズレが生じていると判断して濃度推定器のパラメータを修正し、こうして濃度推定器のズレを修正することによって積分項が大きくなるのを防ぎ、積分器の負担を減らして燃料電池システムの応答性能の悪化を低減することを基本原理としている。

【0019】一般に、燃料電池システムの燃焼器は排改質ガスの成分濃度によってプロセスゲインが異なる特性を持つ。そこで制御応答性能を最適にするためには排改質ガスの濃度変化に応じて燃焼器温度制御器の制御ゲインを変化させる必要があり、そのためには、排改質ガスの成分濃度を推定する必要がある。

【0020】そこで本発明の燃料電池システムでは、排改質ガス成分濃度推定器の出力に応じて燃焼器温度制御器の制御ゲインを算出して制御応答性能の悪化を低減できるようにしたのである。

【0021】さらに排改質ガス成分濃度推定器の濃度推定値のズレが大きいままだと、燃焼器温度制御器の制御偏差をゼロにしようとする積分演算項が大きくなってしまう。このことが温度目標値が変化したときに制御応答性能を悪化させる原因になる。

【0022】そこで本発明の燃料電池システムでは、燃焼器温度制御器の積分演算量が所定の上下限値を越えた場合には排改質ガス成分濃度推定器にズレが生じていると判断して、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部でパラメータ修正量を算出して排改質ガス成分濃度推定器のパラメータを修正することにより、排改質ガス成分濃度推定器のズレによる制御応答性能の悪化を低減するのである。

【0023】特に、請求項1の発明の燃料電池システムによれば、排改質ガス成分濃度推定器の出力と燃焼器出口ガス温度検出値とに基づいて、燃焼器出口ガス温度を目標値に制御するため、燃焼器出口ガス温度を目標値に制御する。そして燃焼器温度制御器で算出する制御操作量に基づいて排改質ガス成分濃度推定器のパラメータの修正の要否を判定し、パラメータの修正が必要と判断した場合にはパラメータ修正量を算出して排改質ガス成分濃度推定器のパラメータを修正する。

【0024】これにより、燃焼器に供給される排改質ガスの濃度が変化した場合に、燃焼器温度制御器において燃焼器出口ガス温度が目標温度と偏差をゼロにしようとする演算項の負担を低減することができ、この結果として、目標温度が変わった場合に直ちに目標温度に追従させることができ、燃焼器温度制御器の応答性能を向上させることができ、ひいては燃料電池システムの応答性能を向上させることができる。

【0025】請求項2の発明の燃料電池システムによれば、燃焼器温度制御器の積分演算量が所定の上下限値を越えた場合に排改質ガス成分濃度推定器にズレが生じていると判断してパラメータを修正することができ、応答性能を維持しつつ精度の良い制御ができる。

【0026】請求項3の発明の燃料電池システムによれば、排改質ガスの水素成分濃度をリアルタイムに推定することができる。

10 【0027】請求項4の発明の燃料電池システムによれば、排改質ガスのCO成分濃度をリアルタイムに推定することができる。

【0028】請求項5の発明の燃料電池システムによれば、排改質ガス成分濃度推定器の出力と燃焼器出口ガス温度と関連づける関数によって燃焼器温度制御器の制御ゲインを算出することにより、演算負荷を軽減して応答性能を向上させ、かつ制御精度も向上させることができる。

【0029】

20 【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて詳説する。図1は本発明の1つの実施の形態のシステム構成を示している。この実施の形態の燃料電池システムは、燃料を改質する改質器1、改質器へ熱を供給するための燃焼器2、空気供給装置3、改質器1で改質された改質ガスと空気供給装置3から供給される空気中の酸素とを反応させて発電する燃料電池本体4、この燃料電池本体4で使用されて残った空気及び改質ガスである排空気と排改質ガスとを燃焼器2へ戻して燃焼させる排ガス供給系5を備えている。改質器1は改質器蒸発部1-1と改質器改質触媒部1-2から構成されている。空気供給装置3は本実施の形態ではコンプレッサである。燃料電池本体4の発電出力は負荷6に接続される。

30 【0030】燃料電池システムはさらに、改質器1から燃料電池本体4に供給される改質ガスの温度を検出する改質ガス温度検出装置11、燃料電池本体4に供給される改質ガスの流量を検出する改質ガス流量検出装置12、燃料電池本体4に供給される改質ガスの圧力を検出する圧力検出装置13、燃料電池本体4が出力する発電電力を検出する発電電力検出装置14、燃焼器2の出口ガス温度を検出する燃焼器出口ガス温度検出装置15、空気供給装置3から燃料電池本体4に供給される空気の流量を検出する空気流量検出装置16、そして空気の圧力を検出する空気圧力検出装置17、そして発電電力検出装置14の出力と改質ガス流量検出装置12の出力とから排改質ガスを算出する排改質ガス量算出器18を備えている。

40 【0031】燃料電池システムはさらに、改質ガス温度検出装置11の出力、改質ガス圧力検出装置13の出力及び排改質ガス量算出器18の出力を入力し、所定のパラメータ記憶装置（図示せず）に登録されているパラメ

ータを用いた演算により燃料電池本体4の排改質ガス成分濃度を推定する排改質ガス成分濃度推定器21、この排改質ガス成分濃度推定器21の出力と燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力とに基づいて、燃焼器2の出口ガス温度を目標値に一致するように制御する燃焼器温度制御器22、この燃焼器温度制御器22により制御される燃焼器燃料流量制御弁23を備えている。

【0032】さらにこの燃料電池システムは、改質器1に対する燃料供給量の目標値を算出する目標流量算出器25、この目標値に一致するように水供給量、メタノール供給量の制御量を求める流量制御器26、27、これらの流量制御器26、27によって水流量、メタノール流量を制御する流量制御弁28、29、空気圧力検出装置17の出力により排空空気圧力の制御量を演算する圧力制御器32、改質ガス流量検出装置12の出力により排改質ガス圧力の制御量を演算する圧力制御器33、これらの圧力制御器32、33により排ガス供給系の圧力を調整する圧力調整弁34、35、空気供給装置3を制御する空気流量制御装置36を備えている。

【0033】以下、上記構成の燃料電池システムの動作を説明する。改質器1の蒸発部1-1では、ここに供給される燃料を燃焼器2から供給される熱を使って蒸発させる。蒸発部1-1で蒸気となった燃料は改質触媒部1-2へ導かれて改質される。この改質器1へ供給される燃料には水とメタノールが使用され、それぞれ水タンク41、メタノールタンク42から流量制御弁28、29を通して改質器1へ供給される。目標流量算出器25は、燃料電池本体3で要求する電力を発電するのに必要な水とメタノールの流量を算出する。この目標流量算出器25で算出した流量をそれぞれ水とメタノールの目標流量として流量制御器26、27に入力する。

【0034】流量制御器26、27ではそれぞれの目標流量から流量制御弁28、29の目標開度を算出してそれぞれの弁開度を制御する。

【0035】改質器1で改質生成された改質ガスは燃料電池本体4へ導かれる。燃料電池本体4では空気供給装置3から供給される空気中の酸素と改質ガス中の水素成分を反応させて発電する。この燃料電池本体4で発電された電流はバッテリーあるいはモータのような負荷6で消費される。

【0036】排改質ガス量算出器18は、燃料電池本体4で消費した水素量を燃料電池本体4で発電した電力量から算出して、この算出値と改質ガス流量検出装置12の出力とから排改質ガス量を算出する。

【0037】燃料電池本体4で消費されなかった改質ガスと空気は排ガスとして排出される。排ガスのうち、排改質ガスは圧力調整弁35を通して排出され、排空気は圧力調整弁34を通して排出される。

【0038】圧力調整弁35は改質器1から燃料電池本体4までの改質ガス系の圧力を調整する役割がある。そ

してこの弁35の開度は、改質ガス圧力検出装置13の出力と目標圧力を圧力制御器33へ入力して弁開度を算出し、目標圧力になるように圧力調整弁35の弁開度を制御する。

【0039】圧力調整弁34は空気供給装置3から燃料電池本体4までの空気系の圧力を調整する役割がある。そしてこの弁34の開度は、空気系圧力検出装置17の出力と目標圧力を圧力制御器32へ入力して弁開度を算出し、目標圧力になるように圧力調整弁34の弁開度を制御する。

【0040】空気流量制御装置36は、燃料電池本体3に供給する空気の流量を制御する役割があり、空気流量検出装置16の出力と目標空気流量を入力して、コンプレッサ回転数を算出し、目標流量になるように空気供給装置3としてのコンプレッサの回転数を制御する。

【0041】排空気と排改質ガスは排ガス供給系5を通して燃焼器2へ戻され、燃焼される。この燃焼器2の燃焼熱は改質器1における改質反応のために使われる。排改質ガス成分濃度推定器21は、改質ガス温度検出装置11の出力と改質ガス圧力検出装置13の出力と排改質ガス量算出器18の出力を入力して、排改質ガスの水素成分濃度とCO成分濃度を推定演算する。

【0042】なお、本実施の形態では排改質ガス流量算出器18の出力を使っているが、これに代えて、改質ガス流量検出装置12の出力と発電電力検出装置14の出力とを直接使って排改質ガスの成分濃度推定演算を行う構成にしてもよい。

【0043】燃焼器温度制御部22は、燃焼器2の出口温度を目標温度に制御する役割がある。そのため燃焼器温度制御器22は、排改質ガス成分濃度推定器21の出力と燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力と目標温度を入力して制御操作量を算出する。この制御操作量は燃焼器燃料流量制御弁23に送られ、弁開度を制御する。燃焼器燃料流量制御弁23は空気供給装置3から供給される空気の流量を制御する。

【0044】次に本発明の特徴をなす排改質ガス成分濃度推定器21について、詳しく説明する。排改質ガス成分濃度推定器21は、図2に示す水素成分濃度推定部21Aと、図3に示すCO成分濃度推定部21Bとを備えている。

【0045】図2に示すように水素成分濃度推定部21Aは次のような演算を行う。改質ガス温度検出装置11の出力と加算器A4の出力を掛け算器A7に入力する。加算器A4では、パラメータ記憶装置A1にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。

【0046】改質ガス流量検出装置12の出力と加算器A5の出力を掛け算器A8に入力する。加算器A5では、パラメータ記憶装置A2にあらかじめ記憶させてお



いたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。また発電電力検出装置14の出力と加算器A6の出力を掛け算器A9に入力する。加算器A6では、パラメータ記憶装置A3にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。

【0047】さらに改質ガス圧力検出装置13の出力と加算器A12の出力を掛け算器A13に入力する。加算器A12では、パラメータ記憶装置A11にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。そして掛け算器A7、A8、A9、A13の出力は加算器A10に入力され、この加算器A10の出力が水素成分濃度の推定値として出力される。

【0048】なお、本実施の形態では、パラメータ記憶装置A1、A2、A3、A11にあらかじめ記憶させておくパラメータ値は、あらかじめラボ試験を繰り返して導出されたものである。このラボ試験では、排改質ガスを時系列にサンプリングしてガス分析装置で水素成分濃度を測定する。このデータと別途データ記憶装置に記憶させておいた改質ガス温度検出装置11の出力と、排改質ガス量算出器18の出力（あるいは、これに使用する改質ガス流量検出装置12の出力及び発電電力検出装置14の出力）と、改質ガス圧力検出装置13の出力から水素成分濃度を推定する関数を作成する。この関数の作成方法としては、一般には最小2乗法を使った回帰分析による線形予測方法が知られているが、ニューラルネットワークなどの非線形手法を使うこともできる。そして本実施の形態では回帰分析での多重共線性の問題を解消して高い予測精度が得られることが知られている部分最小2乗法（PLS: Partial Least Squares）を使った。

【0049】同様にして図3に示すように排改質ガスのCO成分濃度推定部21Bは次のような演算を行う。改質ガス温度検出装置11の出力と加算器B4の出力を掛け算器B7に入力する。加算器B4では、パラメータ記憶装置B1にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。また改質ガス流量検出装置12の出力と加算器B5の出力を掛け算器B8に入力する。加算器B5では、パラメータ記憶装置B1にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。

【0050】発電電力量検出装置14の出力と加算器B6の出力を掛け算器B9に入力する。加算器B6では、

パラメータ記憶装置B3にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。さらに改質ガス圧力検出装置13の出力と加算器B12の出力を掛け算器B13に入力する。加算器B12では、パラメータ記憶装置B11にあらかじめ記憶させておいたパラメータを、パラメータ修正量（排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6の出力）と加算して修正する。

【0051】そして掛け算器B1、B2、B3、B4、B12の出力は加算器B10に入力され、この加算器B10の出力がCO成分濃度の推定値として出力される。なお、パラメータ記憶装置B1、B2、B3、B11にあらかじめ記憶させておくパラメータ値は、上記と同様にあらかじめラボ試験を繰り返して導出されたものである。

【0052】次に燃焼器温度制御器22の動作を図4に基づいて説明する。燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力と目標温度設定値C2を減算器C1に入力する。ここでは、（目標温度設定値C2－燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力）を計算する。この出力は燃焼器目標温度との偏差になる。

【0053】減算器C1の出力は比例項演算器C3と積分項演算器C4に入力される。ここでは、本装置がデジタル制御器構成のため、遅延器C9で1サンプル時間だけ遅延させた減算器C1の出力も比例項演算器C3に入力させる。

【0054】比例項演算器C3では減算器C1の出力に比例する制御操作量を算出する。このC3の動作は図5に示してある。すなわち、排改質ガス成分濃度推定器21の出力を比例制御ゲイン算出器D1に入力して、あらかじめ実験的に決定された関数f1によって変換して制御ゲインを算出する。この関数f1は排改質ガス濃度と燃焼器温度のプロセスゲインを関連づけるマップ関数として登録されている。

【0055】減算器D2では、減算器C1の出力と1サンプル時間だけ遅延させた遅延器C9の出力との差を演算して、その結果を掛け算器D3に入力する。この掛け算器D3では、比例制御ゲイン算出器D1の出力と減算器D2の出力を掛け算して出力する。これが比例項演算器C3の出力となる。

【0056】図4における積分項演算器C4では減算器C1の出力を積分する制御操作量を算出する。この積分項演算器C4の動作は図6に示してある。すなわち、排改質ガス成分濃度推定器21の出力を積分制御ゲイン算出器E1に入力して、あらかじめ実験的に決定された関数f2によって変換して制御ゲインを算出する。この関数f2も排改質ガス濃度と燃焼器温度のプロセスゲインを関連づけるマップ関数として登録されている。

【0057】掛け算器E2では、積分制御ゲイン算出器



11

E1の出力と減算器C1の出力を掛け算して出力する。これが積分項演算器C4の出力となる。

【0058】図4に戻り、上記のようにして出力される比例項演算器C3の出力と積分項演算器C4の出力は加算器C7に輸入される。加算器C7の出力と、遅延器C10で1サンプル時間遅延させた加算器C7の出力とが次の加算器C11に輸入される。そして加算器C11の加算結果は非線形操作量算出部C8に輸入され、非線形制御操作量が算出され、燃焼器燃料流量制御弁23に出力されて、この弁開度が制御される。

【0059】排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部C5は、比例項演算器C3の出力が所定の小さな値以下で、かつ積分項演算器C4の出力がゼロでなく、かつ加算器C11の出力が所定の上下限値を超えた場合、これは積分演算量が所定の上下限値を超えた場合であるため、排改質ガス成分濃度推定器21にズレが生じていると判断する。

【0060】排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部C5の出力は排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6に送られ、ここでは燃焼器出口ガス温度が目標値に近づく方向に濃度推定器21のパラメータ修正量を算出する。このパラメータ修正量算出部C6の出力は前に説明した排改質ガス成分濃度推定器21に輸入されて、排改質ガス成分濃度推定器21の初期パラメータ(図2のA1、A2、A3、A11、図3のB1、B2、B3、B11)を修正して記憶させる。

【0061】たとえば加算器C11の出力がプラスならば、温度を下げようとする制御操作であることを意味する。なぜなら、本実施の形態では燃焼器2への空気流量を制御するが、この空気流量を増加させると温度が下がる特性を持つからである。したがって、加算器C11の出力がプラスならば温度が高めにズレているので、この場合には、さらに温度が下がるように制御操作量を算出するように排改質ガス成分濃度推定器21のパラメータを修正するのである。

【0062】なお、本実施の形態では所定の小さな変化量だけパラメータが変化するようにした。そしてパラメータを変化させて温度と制御操作量が期待する方向と逆に変化した場合には、排ガス濃度推定器のパラメータを変化させる方向を適宜反転させるようにした。

【0063】上記の非線形操作量算出部C8は次のようにして非線形操作量を算出する。ここでは、燃焼器モデルと排改質ガス成分濃度推定器21の出力と燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力を使って非線形制御操作量を算出する。

【0064】たとえば次のように計算する。燃焼器モデルを、

【数1】 $dT/dt = p1(T) * (\text{排改質ガス成分濃度推定器21の水素成分出力}(A13\text{の出力})) + p2(T) * (\text{排改質ガス成分濃度推定器21のCO成分出$

12

力(B13の出力)) + p3(T) \* (燃焼器2に輸入する空気流量) + p4(T)で表す。

【0065】ただし、p1、p2、p3、p4は非線形モデルパラメータである。そして、Tは燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力である。

【0066】この燃焼器モデルから非線形制御操作量は次のように計算する。

【0067】

【数2】 $u = (\text{加算器C11の出力}) - b1 * T - b2 * \{p1(T) * (A13\text{の出力}) + (p2(T) * (B13の出力) + p4(T) / (b1 * p3(T))\}$

ここでb1、b2は適当な調整パラメータである。またTは燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力である。

【0068】以上の燃料電池システムの基本的な構成は、図7に示すものである。これについて説明する。この燃料電池システムは、燃料を改質する改質器1と、改質器1へ熱を供給するための燃焼器2と、空気供給装置3と、改質器1で改質された改質ガスと空気供給装置3から供給される空気中の酸素とを反応させて発電する燃料電池本体4と、この燃料電池本体4で使用されて残った空気及び改質ガスである排空気と排改質ガスを燃焼器2へ戻して燃焼させる排ガス供給系5とを備えさらに、燃料電池本体4の排改質ガス成分濃度を推定する排改質ガス成分濃度推定器21と、この排改質ガス成分濃度推定器21の出力と燃焼器出口ガス温度検出装置15の出力とに基づいて、燃焼器2の出口ガス温度を目標値に一致するように制御する燃焼器温度制御器22と、この燃焼器温度制御器22で算出する制御操作量に基づいて、排改質ガス成分濃度推定器21のパラメータの修正の要否を判定をする排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部C5と、この排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正判定部C5がパラメータの修正が必要と判断した場合に、パラメータの修正量を算出する排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6とを備えた構成である。

【0069】こうして、この実施の形態によれば、積分項が予め設定しておいた所定の上下限値を超えた場合には、排改質ガス成分濃度推定器21にズレが生じていると判断して濃度推定器21のパラメータを修正し、濃度推定器21のズレを修正することによって積分項が大きくなるのを防ぎ、積分器の負担を減らして燃料電池システムの応答性能の悪化を低減することができる。

【0070】また一般に、燃料電池システムの燃焼器2は排改質ガスの成分濃度によってプロセスゲインが異なる特性を持つ。そこで制御応答性能を最適にするためには排改質ガスの濃度変化に応じて燃焼器温度制御器22の制御ゲインを変化させる必要があり、そのためには、排改質ガスの成分濃度を推定する必要がある。そこで本実施の形態では、排改質ガス成分濃度推定器21の出力

に応じて燃焼器温度制御器22の制御ゲインを算出して制御応答性能の悪化を低減するようにしたのである。

【0071】さらに排改質ガス成分濃度推定器21の濃度推定値のズレが大きいままだと、燃焼器温度制御器22の制御偏差をゼロにしようとする積分演算項が大きな値になってしまい、このことが温度目標値が変化したときに制御応答性能を悪化させる原因になる。そこで本実施の形態では、燃焼器温度制御器22の積分演算量が所定の上下限値を越えた場合には排改質ガス成分濃度推定器21にズレが生じていると判断して、排改質ガス成分濃度推定器パラメータ修正量算出部C6でパラメータ修正量を算出して排改質ガス成分濃度推定器21のパラメータを修正することにより、排改質ガス成分濃度推定器21のズレによる制御応答性能の悪化を低減するようにしたのである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態のシステム構成を示すブロック図。

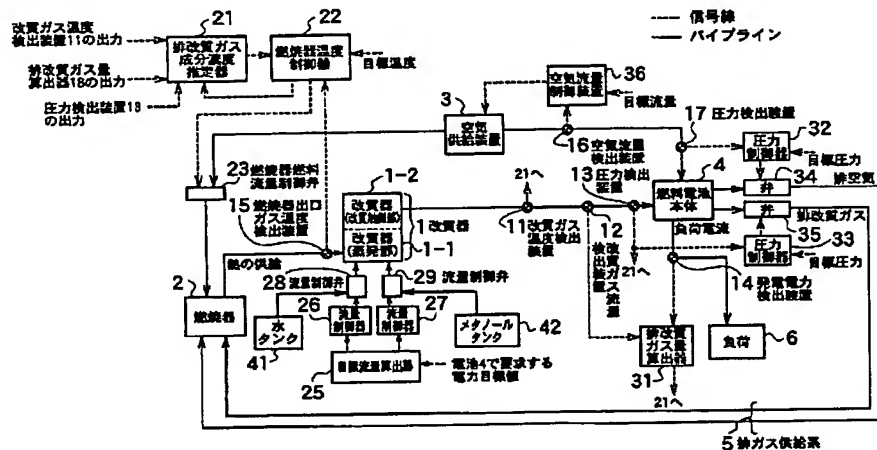
【図2】上記の実施の形態における排改質ガス成分濃度推定器の水素成分濃度演算部の構成を示すブロック図。

【図3】上記の実施の形態における排改質ガス成分濃度推定器のCO成分濃度演算部の構成を示すブロック図。

【図4】上記の実施の形態における燃焼器温度制御器の構成を示すブロック図。

\*

【図1】



\*【図5】上記の実施の形態における燃焼器温度制御器内の比例項演算部の構成を示すブロック図。

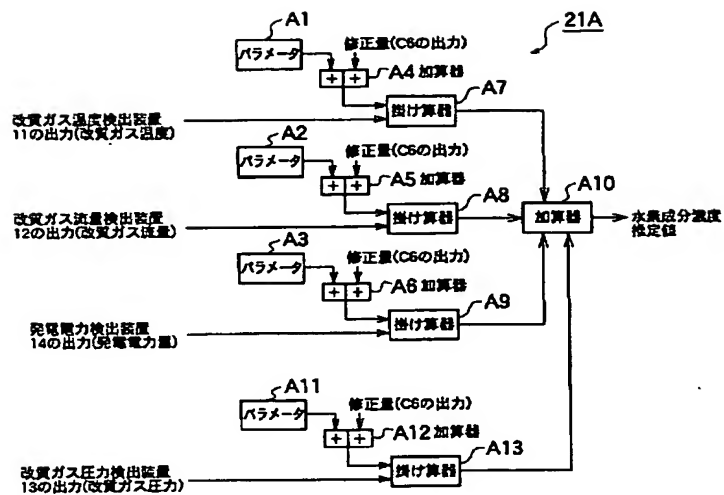
【図6】上記の実施の形態における燃焼器温度制御器内の積分項演算部の構成を示すブロック図。

【図7】本発明の第2の実施の形態の構成を示すブロック図。

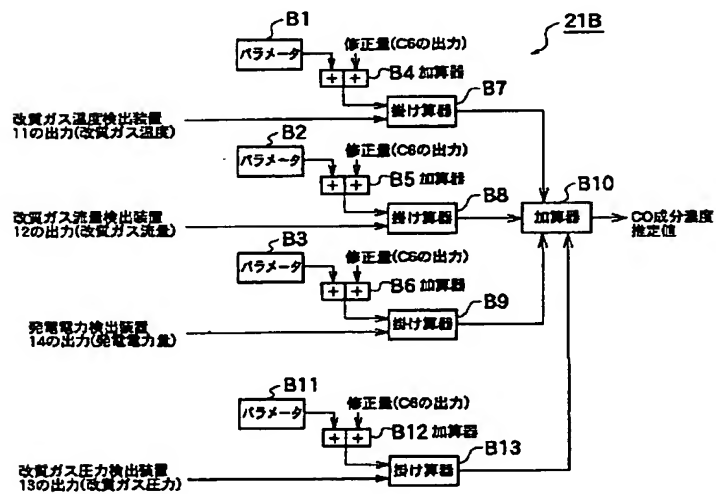
【符号の説明】

- 1 改質器
- 2 燃焼器
- 3 空気供給装置
- 4 燃料電池本体
- 5 排ガス供給系
- 6 負荷
- 11 改質ガス温度検出装置
- 12 改質ガス流量検出装置
- 13 圧力検出装置
- 14 発電電力検出装置
- 15 燃焼器出口ガス温度検出装置
- 16 空気流量検出装置
- 17 空気圧力検出装置
- 21 排改質ガス成分濃度推定器
- 22 燃焼器温度制御器
- 23 燃焼器燃料流量制御弁

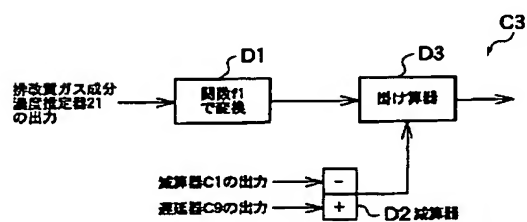
【図2】



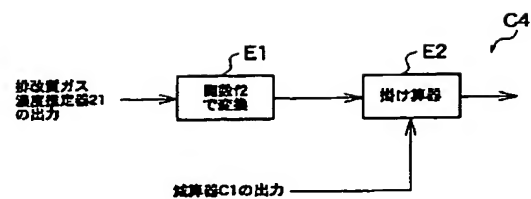
【図3】



【図5】



【図6】



【圖 7】

